

In the name of Allah, the Most Gracious, the Most Merciful



Copyright disclaimer

"La faculté" is a website that collects medical documents written by Algerian assistant professors, professors or any other health practicals and teachers from the same field.

Some articles are subject to the author's copyrights.

Our team does not own copyrights for the most content we publish.

"La faculté" team tries to get a permission to publish any content; however, we are not able to be in contact with all authors.

If you are the author or copyrights owner of any kind of content on our website, please contact us on: facadm16@gmail.com to settle the situation.

All users must know that "La faculté" team cannot be responsible anyway of any violation of the authors' copyrights.

Any lucrative use without permission of the copyrights' owner may expose the user to legal follow-up.



TCBM

Chapitre VII
Série N° 6
Equilibres Ioniques

2008/2009

Exercice 1:

- 1- Calculer le nombre de moles de HCl dans 100 mL d'une solution $0.5 \cdot 10^{-2}$ M.
- 2- On dissout 0,04g de NaOH ($M=40$) dans 250 mL d'eau. Quelle est sa molarité?
- 3- Calculer la masse nécessaire pour préparer 500 mL d'une solution $2 \cdot 10^{-2}$ N d'acide maléique $\text{HOOC}-\text{CH}=\text{CH}-\text{COOH}$ ($M=116$).
- 4- Quel volume d'eau faut-il ajouter à 400 mL de solution de NH_3 0.1 N pour obtenir une solution $5 \cdot 10^{-2}$ N.

Exercice 2:

Soient les solutions d'acide et de base suivantes:

$\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$ ($\text{pK}_a=4.8$); KOH ; HCl ; $\text{C}_2\text{H}_5\text{N}$ ($\text{pK}_b=8.8$); NH_4^+ ($\text{pK}_a=9.2$) HCOO^- ($\text{pK}_b=10.2$).

- 1) Ecrire la réaction de dissociation des acides et bases précédents.
- 2) Déduire le conjugué de chaque acide et base ainsi que la valeur de pK_a ou pK_b correspondant.

Exercice 3:

On dispose de 4 solutions de concentration 0.01 M chacune:

A: HCl ; B: $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$; C: $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{Na}$; D: NaOH .

Les différents pH de ces solutions sont: 8.4; 12; 3.4; 2.

1. Attribuer à chaque solution le pH qui lui correspond. Justifier.
2. Calculer le pH d'une solution $6 \cdot 10^{-2}$ N.

Exercice 4:

Calculer le pH des solutions suivantes:

- 1) HCl $2 \cdot 10^{-3}$ M
- 2) NaOH $3 \cdot 10^{-2}$ M
- 3) $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$ 10^{-3} M ($\text{K}_a = 1.58 \cdot 10^{-5}$)
- 4) 100 mL HCl 10^{-3} M + 50 mL NaOH $2 \cdot 10^{-2}$ M
- 5) 100 mL HCl 10^{-3} M + 100 mL NaOH $2 \cdot 10^{-2}$ M
- 6) 100 mL HCl 0.9M + 200 cm³ $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$ 0.45 M ($\text{K}_b=6 \cdot 10^{-4}$)

Exercice 5:

Trois solutions H_2SO_4 , HCl et l'acide propanoïque ont même pH. 15 mL de NaOH 10^{-2} M sont nécessaires pour neutraliser 200 mL de HCl , alors qu'il faut 40 mL de cette soude pour neutraliser 10 mL de $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H}$. Calculer:

- 1) Ecrivez les équations de dissociation des trois acides dans l'eau.
- 2) Le pH commun aux trois acides.
- 3) Les molarités des trois acides.
- 4) La constante d'acidité K_a de l'acide propanoïque.

Exercice 6:

On considère 50 mL de la solution (A) d'acide cinnamique de formule $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}=\text{CH}-\text{CO}_2\text{H}$ et de $\text{pK}_a=3.89$.

- 1) Quelle est la masse d'acide contenue dans les 50 mL sachant que le pH de la solution (A) est égal à 2.7.
- 2) Déterminer le coefficient de dissociation de l'acide.
- 3) La solution (A) est neutralisée complètement par 150 mL de KOH , on obtient la solution C. Calculer la concentration de KOH et déterminer le pH de la solution (C).
- 4) On peut préparer une solution tampon à partir de la solution (C)
 - a) Que faut-il ajouter à la solution (C)? Justifier.
 - b) Quelle quantité doit-on ajouter? Justifier.

$M=148 \text{ g/mol}$

Exercice 7:

Un volume V_B contient « x » g d'une amine, $\text{R}-\text{NH}_2$ ($M=45$), la neutralisation complète de cette solution nécessite 20 mL de HCl de pH=1. Le pH de la solution (A) obtenue au point d'équivalence est 5.9.

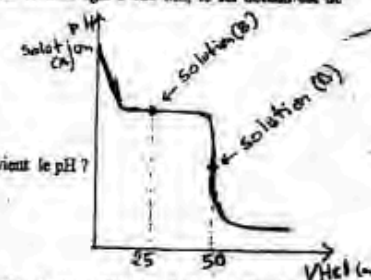
- 1) Calculer la masse « x » de $\text{R}-\text{NH}_2$ contenue dans V_B .
- 2) Sachant que $V_B=30$ mL, calculer le pK_a du couple $\text{R}-\text{NH}_2^+/\text{R}-\text{NH}_2$ et déduire le coefficient de dissociation de RNH_2 .
- 3) On ajoute à la solution A, 100 mL d'eau. Que devient le pH?
- 4) A 50 mL de la solution A, on ajoute $2 \cdot 10^{-3}$ mole de RNH_2 .
 - a- Quel est le pH?
 - b- Que devient le pH si on ajoute 200 mL d'eau au mélange précédent?

Exercice 8:

La neutralisation de la méthylamine (CH_3NH_2) par HCl , donne au point d'équivalence un pH=5.61. La solution (D) du sel obtenu au point de neutralisation a un volume égal à 125 mL, le sel obtenu est de concentration égale à $1.2 \cdot 10^{-4}$ M.

La courbe de neutralisation est donnée ci-contre:

- 1) Ecrivez la réaction de neutralisation.
- 2) Calculer la concentration de la base et de l'acide.
- 3) Déterminez le pK_a du couple $\text{CH}_3\text{NH}_3^+/\text{CH}_3\text{NH}_2$.
- 4) Calculez le pH de la solution (A).
- 5) Quelle est la valeur de pH de la solution (B)?
- 6) A cette solution (B), on ajoute 100 mL d'eau. Que devient le pH?
- 7) A la solution (D), on ajoute 10 mL d' HCl .
Calculez le pH de la solution obtenue?



Exercice 9 : Facultatif

Soit un volume $V_A=50$ mL d'une solution (A) d'acide borique H_3BO_3 dont le pH=5.65 et le $\text{pK}_a=9.3$.

- 1) Calculer le nombre de moles d'acide contenu dans la solution (A).
- 2) Quel est le nombre de moles de sel NaBO_2 qu'il faut ajouter à la solution (A) pour obtenir un pH=9.3?
- 3) La neutralisation complète de la solution (A) par un volume V_B de la solution (B) de NaOH conduit à la solution (C) de pH=10.45.
 - a) Calculer la concentration C_B de la solution (B) de NaOH .
 - b) Calculer le pH de la solution (D) obtenue lorsqu'on ajoute à la solution (A) un volume V'_B de solution (B) contenant $8 \cdot 10^{-4}$ moles de NaOH .

Série N° 6 Equilibres ioniques

Exo ① :

① calculer $n(\text{HCl})$:

$$C = 0,5 \times 10^{-2} \text{ M et } V = 100 \text{ ml}$$

$$C = \frac{n}{V} \Rightarrow n = C \cdot V \text{ donc } n = 5 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

② $M = 40$; $m = 0,04$; $V = 250 \text{ ml}$

$$C = \frac{n}{V} = \frac{\frac{m}{M}}{V} = \frac{m}{V \cdot M} = 4 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$$

③ $V = 500 \text{ ml}$; $N = 2 \times 10^{-2} \text{ N}$
 $M = 116$

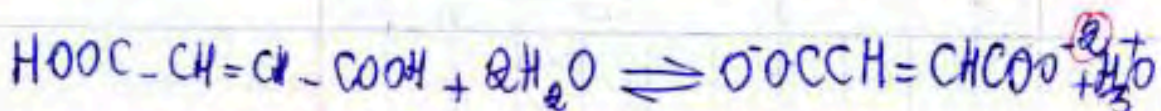
calculer "m" :

sachant que $N = n \cdot M$

Nb de H^+ ou OH^-

libérés / Nb de électrons (métaux)

Dans l'exercice $\text{HOOC}-\text{CH}=\text{CH}-\text{COOH}$



$$\Rightarrow N = 2M$$

Alors que $M = C = \frac{m}{M \cdot V} \Rightarrow m = CNV$

$$m = \frac{N}{2} MV = 0,58 \text{ g.}$$

(1) calculer le volume ajouté (Dilut^s)

Loi de Dilut^s:

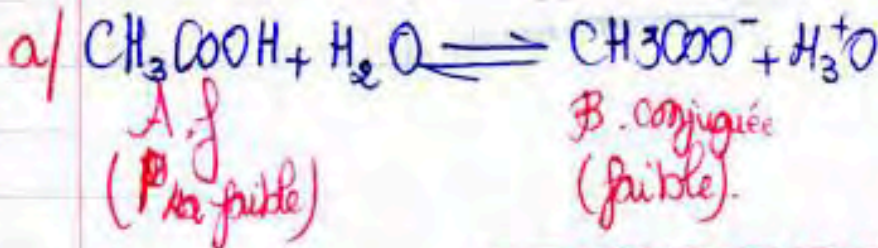
$$C_1 V_1 = C_2 V_2 \Rightarrow V_2 = \frac{C_1 V_1}{C_2}$$

$$V_2 = \frac{0,1 \times 400}{5 \times 10^{-2}} = 800 \text{ ml.}$$

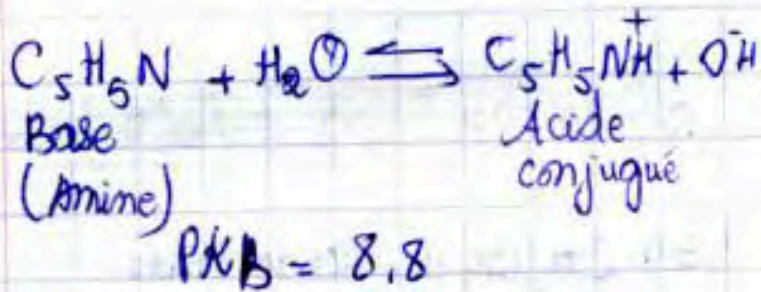
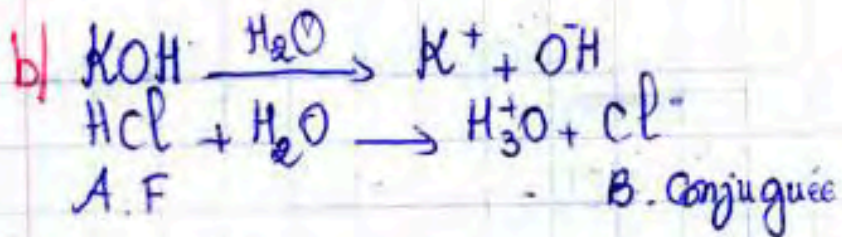
$$V_{\text{à ajouter}} = 800 - 400 = 400 \text{ ml}$$

Exo (2) =

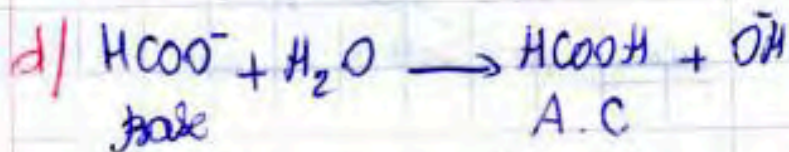
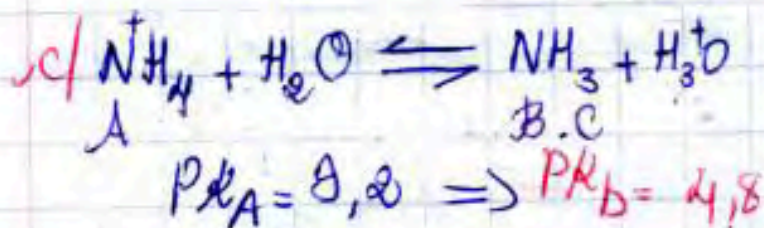
(1) Réact^s (s) de dissociat^s + (2).



$$pK_a = 4,8 \Rightarrow pK_b = 14 - pK_a = 9,2$$



Donc: $\text{pK}_\text{A} = 5,2$



$\text{pK}_\text{B} = 10,2 \Rightarrow \text{pK}_\text{A} = 3,8$

Exo 8 = ① $C = 0,01M$ (Pour toutes les solut^{es})

① HCl = Acide fort



Donc $pH_{(HCl)} = 2$

② CH_3CO_2H = Acide faible

Donc $pH_{(CH_3CO_2H)} = 3,4$

③ CH_3CO_2Na = Base faible

Donc $pH = 8,4$

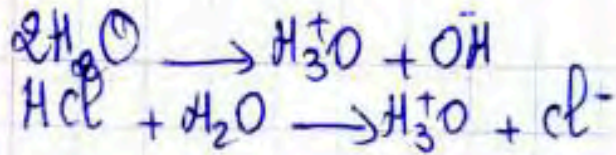
④ NaOH = Base forte

Donc $pH = 12$

2) Calculer le pH $N = 6 \times 10^{-8} N$

$HCl = A.F \Rightarrow pH = -\log C = -\log 6 \times 10^{-8} = 7,2$

$7,2 > 7$ impossible \Rightarrow Dissociat^{on} de H_2O n'est pas négligeable



$$K_e = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14} \quad \text{--- (1)}$$

sachant que:

$$\Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] + [\text{Cl}^-] \quad \text{--- (2)}$$

$$\text{De (1)}: [\text{OH}^-] = \frac{K_e}{[\text{H}_3\text{O}^+]}$$

en remplaçant ds (2):

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{K_e}{[\text{H}_3\text{O}^+]} + [\text{Cl}^-] = \frac{K_e}{[\text{H}_3\text{O}^+]} + c$$

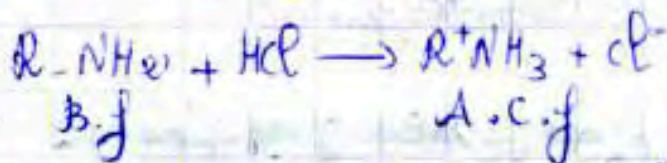
$$\Rightarrow \text{pH} = -\log(c + 10^{-9}) = 6,8$$

Equilibre Ionique (suite) :

EXO (7) :

$$PE \begin{cases} \text{HCl} \\ N_A = 20 \text{ ml} \Rightarrow [\text{HCl}] = 10^{-4} \text{ M} \\ (PH = -\lg C) \\ PH_{PE} = 5,9 \end{cases}$$

① calculer $X(g)$:



$$n_{R-NH_2} = \frac{m_R}{M} \approx PH_{HCl} = PH(A.C.f)$$

ou : $PE \Rightarrow m_{HCl} = m_{R-NH_2}$

$$m_{HCl} = C_{HCl} \times V_{HCl} = 2 \times 10^{-3} \text{ mol} = n_{R-NH_2}$$

$$\Rightarrow m_X = n_X M = 2 \times 10^{-3} \times 47,5 = 9 \times 10^{-2} \text{ g}$$

② $V_B = 50 \text{ ml}$ $pKa (A^+/A)$?

$$pH = \frac{1}{2} (pK_a - \log C_{sel})$$

$$Iq = C_{sel} = \frac{n_A}{V_T} = \frac{n_B}{V_T}$$

$$pK_a = 2pH + \log C_{sel}$$

$$pK_a = 2 \times 5,9 + \log \frac{2 \times 10^{-3}}{(20+30) \times 10^{-3}}$$

$$pK_a = 10,4$$

• Déduire le α de ANH_2

$$K_B = \frac{C_B \alpha^2}{1 - \alpha} \quad (\alpha \ll 1)$$

$$\Rightarrow \alpha = \sqrt{\frac{K_B}{C_B}}$$

$$pK_a + pK_B = 14 \Rightarrow pK_B = 14 - 10,4 = 3,6$$

$$\Rightarrow K_B = 10^{-3,6}$$

$$\text{Alors } \alpha = \sqrt{\frac{10^{-3,6} \times 20 \times 10^{-3}}{2 \times 10^{-3}}}$$

$$\alpha = 0,061 \Rightarrow 6,1\%$$

*) Ajouter 100 ml d'eau
 $\text{pH}' ? \quad \text{lg} : \text{pH} = 5,9$

$$\text{pH}' = \frac{1}{2} (\text{pK}_a - \log C'_{\text{sel}})$$

$$\text{pH}' = \frac{1}{2} (10,4 - \log \frac{2 \times 10^{-3}}{150 \times 10^{-3}})$$

$$\text{pH}' = 6,14$$

• La différence entre les pH(s) est de 0,24 qui est une valeur négligeable !
 donc : L'ajout de l'eau n'influence pas ! (sur le pH).

2) Sel $\text{RNH}_3^+ + \text{R-NH}_2$
 (Nb de moles du sel) $\approx (2 \times 10^{-3} \text{ moles})$

$$\text{lg} : \text{Nb n. mol (sel)} = 2 \times 10^{-3} \text{ moles}$$

donc : (A^+/A) est une solution tampon

$$\Rightarrow \text{pH} = \text{pK}_a$$

a/. $\text{pH} = \text{pK}_a = 10,4$

b/. pH ne change pas lorsqu'on ajoute H_2O !
 $\text{pH} = 10,4$ (varie mais légèrement !)

*) Ajouter 100 ml d'eau
 $\text{PH}' ? \quad \text{tg: } \text{pH} = 5,9$

$$\text{pH}' = \frac{1}{2} (\text{pK}_a - \log C'_{\text{sel}})$$

$$\text{pH}' = \frac{1}{2} \left(10,4 - \log \frac{2 \times 10^{-3}}{150 \times 10^{-3}} \right)$$

$$\text{pH}' = 6,14$$

• La différence entre les $\text{pH}_{(s)}$ est de 0,24 qui est une valeur négligeable !

Donc: L'ajout de l'eau n'influence pas ! (sur le pH).

2d) Sel $\text{R}_3\text{N}^+\text{A}^- + \text{R}_3\text{N}^+\text{H}_2\text{A}^-$
 (Nbr de moles du sel) $\neq (2 \times 10^{-3} \text{ moles})$

$$\text{tg: Nbr moles (sel)} = 2 \times 10^{-3} \text{ moles}$$

Donc: (A^+/A^-) est une solution tampon

$$\Rightarrow \text{pH} = \text{pK}_a$$

a/. $\text{pH} = \text{pK}_a = 10,4$

b/. pH ne change pas lorsqu'on ajoute H_2O !
 $\text{pH} = 10,4$ (varie mais légèrement !)

$$[\text{CH}_3\text{NH}_2] = \frac{n_B}{V_T - V_A} = \frac{1,5 \times 10^{-2}}{(125 - 50) \times 10^{-3}} = 0,2 \text{ M}$$

⑤ Le pKa du couple $(\text{CH}_3\text{NH}_3^+ / \text{CH}_3\text{NH}_2)$

le sel \equiv Acide faible donc: $\text{pH} = \frac{1}{2} (\text{pKa} - \log C_{\text{sel}})$

$$\text{pKa} = 2 \text{pH} + \log C_{\text{sel}}$$

$$\text{pKa} = 2(5,61) + \log (1,2 \times 10^{-1}) = 10,5$$

④ Le pH de la sol. (A)

La solution A \rightarrow B.f

Donc: $\text{pH}(\text{sol A}) = \frac{1}{2} (14 + \log C_A + \text{pKa})$

$$\text{pH}(\text{sol A}) = \frac{1}{2} (14 + 10,5 + \log 0,2) = 11,8$$

⑤ Le pH de la sol. B:

$$\text{la sol B} \equiv V(\text{HCl}) = 25 \text{ ml} = \frac{1}{2} V_{\text{neut}} = \frac{1}{2} V_{\text{eq}}$$

\equiv la $\frac{1}{2}$ neutralisat

$$\Rightarrow \text{S. tampon} \text{ où: } \text{pH} = \text{pKa} = 10,5$$

$$\text{pH}(\text{sol B}) = 10,5$$

⑥ B = solut: tampon \rightarrow la dilutⁿ n'influe pas sur le pH!

→ Neutraliser

① Solut^e (D) + 10 ml d'HCl \Rightarrow A.F.
Le PH de la nouvelle Solut^e:

Donc: $\text{PH} = -\log C_{\text{HCl}}$

$$\text{PH} = -\log \frac{n_{\text{HCl}} (10 \text{ ml})}{V_T} = -\log \frac{0,3 \times 10 \times 10^{-3}}{(10 + 125) \times 10^{-3}}$$

$\text{PH} = 1,65$

EXO ⑨: Facultatif

$\text{SA} \equiv \text{H}_2\text{BO}_3$, $V_A = 50 \text{ ml}$, $\text{PH} = 5,65$, $\text{PKa} = 9,3$.

① Calcul de $n(A)$:
Acide f: $\text{PH} = \frac{1}{2} (\text{PKa} - \log C_A)$

$$\text{PKa} = \log C_A = 9,3 - 2 \times 5,65$$

$$\Rightarrow C_A = 10^{-2} \text{ M}$$

Donc: $n_A = C_A \cdot V_A = 10^{-2} \times 50 \times 10^{-3}$

$n_A = 5 \times 10^{-4} \text{ moles}$

② $n(\text{NaBO}_2) = ? \Rightarrow \text{PH} = 9,3$:

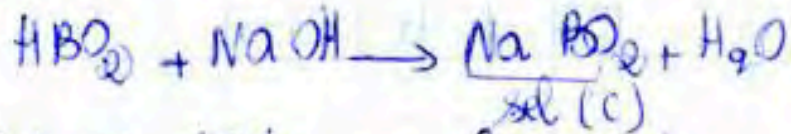
$$\text{PH} = \text{PKa} = 9,3 \Rightarrow \text{st. tampon.}$$

$$\Rightarrow n_A = n_B \Rightarrow n_B (\text{ajoute}) = 5 \times 10^{-4} \text{ moles.}$$

⑤ Neutralisation complète de A par NaOH.
 \Rightarrow solut^e C de $\text{pH} = 10,45$

2/. calcul de $[\text{NaOH}]$

Neutralisation: $\text{pH} =$



$$\text{pH(C)} = \frac{1}{2} (\text{pKa} + 14 + \log C_{\text{sel}})$$

au PE: $n_A = n(\text{NaOH}) = 5 \times 10^{-4} \text{ moles.}$

V_B ?

$$\Rightarrow \log C_{\text{sel}} \Rightarrow C_{\text{sel}} = 4 \times 10^{-3} \text{ M}$$

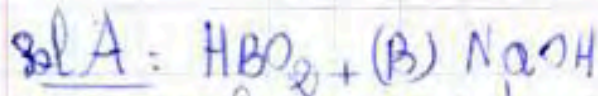
sachant q: $C_{\text{sel}} = \frac{n_B}{V_T} = \frac{n_B}{V_A + V_B} \Rightarrow V_A + V_B = \frac{n_B}{C_{\text{sel}}}$

$$V_T = V_A + V_B = \frac{5 \times 10^{-4}}{4 \times 10^{-3}} = 125 \text{ ml}$$

et: $V_B = 75 \text{ ml} = 125 - 50$

et donc: $[B] = \frac{n_B}{V_B} = \frac{5 \times 10^{-4}}{75 \times 10^{-3}} = \frac{6,66 \times 10^{-3}}{1000} \text{ M}$

b/- calcul du PH(D) =



$$V_A = 50 \text{ ml}$$

$$V_B = ?$$

$$m_A = 5 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

$$m_B = 8 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

$$C_B = 6,6 \times 10^{-3} \text{ M}$$

on a : $m_B > m_A \equiv$ base forte (D)

Fina : $\left\{ \begin{array}{l} \text{Donc : } \text{PH(D)} \equiv \text{PH(B.F)} = 14 + \log C_B' \\ \text{PH} = 14 + \log \frac{m_B - m_A}{V_T} \end{array} \right\}$

$$V_B = \frac{m_B}{C_B} = \frac{8 \times 10^{-4}}{6,6 \times 10^{-3}} = 0,121 \text{ l} = 120 \text{ ml}$$

$$\text{PH}_D = 14 + \log \frac{m_B - m_A}{V_T} = 14 + \log \frac{(8-5) \times 10^{-4}}{(50+12) \times 10^{-3}}$$

$$\text{PH}_D = 11,85$$